

제 출 문

천안논산고속도로 주식회사 귀중

귀사와 2017년 10월 16일자로 계약을 체결한 “논산천안고속도로 1종시설물 정밀안전진단 용역(2구역)”을 성실히 수행하고 차령터널(천안방향)의 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2018년 06월

(주)한국구조물안전연구원

이 채 규



(주)한맥기술

이 기 상



차령터널(천안방향) 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황					
용역명	2018년 논산천안고속도로 1종시설물 정밀안전진단 용역	진단기간	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30(255일)		
관리주체명	천안논산고속도로(주)	대표자	이 선 관		
공동수급	(주)구조물안전연구원 (주)한맥기술	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	터널	종 류	도로터널	종 별	1종
준공일	2002년 12월 23일	진단금액 (천원)	67,753	안전등급	B
시설물 위치	충남 천안시 광덕면 원덕리 (고속국도25호선)	시설물 규모	L=2,420.0m, B=10.3m, H=7.332m		
나. 진단 실시결과 현황					
중대결함	■ 없음				
진단 주요결과	■ 라이닝 천장부 및 어깨부 0.1~0.3mm 균열, 신축이음부 박락 ■ 측벽부 0.1~0.3mm 균열, 타일 균열, 파손, 박락, 굽힘 ■ 갭문 도장박리 ■ 배수구 상면 균열 및 파손 ■ 공동구 0.1~0.3mm 균열, 파손 ■ 포장 균열, 굽힘, 박리, 파손				
주요 보수·보강	■ 폭 0.1~0.2mm 균열 표면보수 ■ 폭 0.3mm균열 주입보수 ■ 박리, 박락, 파손, 철근노출 단면보수				
다. 책임(참여)기술자 현황					
구분	성명	과업 참여기간		기술등급	
사업책임	서 중 태	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30		특급기술자	
분야별책임	오 판 수	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30		특급기술자	
	최 진 선	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30		특급기술자	
분야별참여	전 국 현	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30		특급기술자	
	유 창 수	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30		특급기술자	
참여기술자	이 상 훈 외 23인	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30		고급기술자 등	
라. 참고사항					

차령터널(천안방향) 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견	
○ 차령터널(천안방향)은 16년의 공용기간이 경과한 터널시설물로서, 주부재인 라이닝에 구조적 손상은 조사되지 않은 상태이다. 일부 발생한 손상들은 터널의 내구성 저하 방지를 위한 국부적인 보수 및 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 평가되었다.	
○ 따라서, 본 터널의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 보수를 실시하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 현재의 상태를 유지하는 데에는 문제가 없을 것으로 판단된다.	
책임기술자 : 서 종 태 (서명)	

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	무근구간	b~c	- 균열(0.2mm이하) - 균열(0.3mm) - 박락	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수
	철근구간	b~c	- 균열(0.2mm이하) - 균열(0.3mm)	- 표면보수 - 주입보수
측벽부		b~c	- 균열(0.2mm이하) - 균열(0.3mm) - 파손, 굽힘 - 타일 손상	- 표면보수 - 단면보수 - 단면보수 - 타일재시공
갯문		b	- 도장박리	- 재도장
입·출구부 사면		a	- 전반적으로 양호	- 주의관찰
배수시설		b	- 균열 - 파손	- 표면보수 - 단면보수
공동구		b	- 균열(0.2mm이하) - 균열(0.3mm) - 박리, 박락, 철근노출 - 타일 손상 - 덮개 손상	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수(철근방청) - 타일재시공 - 단면보수

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : B
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
포장	b	- 균열 - 굽힘, 박리, 파손	- 표면보수 - 단면보수
피난연락경	b	- 박락	- 주의관찰
부속시설	a	- 전반적으로 양호	- 주의관찰

나. 안전성평가 결과

1) 무근 콘크리트 라이닝 검토결과

구 분		계수(Mu)	설계(ϕMn)	안전율($\phi Mn/Mu$)	검토결과
천 장 부	모멘트	33.20	168.30	5.07	O.K
	축 력	378.70	2359.50	6.23	O.K
	전단력	45.60	88.90	1.95	O.K
어 깨 부	모멘트	34.60	168.30	4.86	O.K
	축 력	420.20	2359.50	5.62	O.K
	전단력	33.20	88.90	2.68	O.K
측 벽 부	모멘트	5.10	168.30	33.00	O.K
	축 력	436.10	2359.50	5.41	O.K
	전단력	10.30	88.90	8.63	O.K

2) 철근 콘크리트 라이닝 검토결과

구 분		계수(Mu)	설계(ϕMn)	안전율($\phi Mn/Mu$)	검토결과
천 장 부	모멘트	36.50	168.30	4.61	O.K
	축 력	417.00	2359.50	5.66	O.K
	전단력	50.10	88.90	1.77	O.K
어 깨 부	모멘트	38.00	168.30	4.43	O.K
	축 력	462.20	2359.50	5.10	O.K
	전단력	38.70	88.90	2.30	O.K
측 벽 부	모멘트	5.60	168.30	30.05	O.K
	축 력	479.30	2359.50	4.92	O.K
	전단력	11.40	88.90	7.80	O.K

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
라이닝	미적용	수행	기존 철근보강으로 본 해석단면은 지진발생에 대한 충분한 안전율을 확보하고 있어 기능 수행수준 및 붕괴방지수준에 부합하는 것으로 판단됨.

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
비파괴 강도 (MPa)	라이닝		반발경도	26.3~31.2	■ 설계기준강도 대비 100% 이상으로 측정되어 강도상의 문제는 없는 것으로 판단됨
			초음파	26.2~37.0	
철근탐사 (mm)	라이닝	주철근	배근간격	135.0~160.0	■ 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인됨
			피복두께	49.0~86.0	
		배력 철근	배근간격	140.0~210.0	
			피복두께	65.0~119.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝			32.5~79.0	■ 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급”으로 평가됨
염화물 함유량시험 (kg/m³)	라이닝			0.270~0.405	■ 건전부 구간에서 b등급 이상으로 평가됨
균열깊이	라이닝			50.4~56.6	■ 폭 0.3mm이상 균열의 균열깊이는 라이닝 두께 이상 진행된 상태는 아닌 상태로 조사됨

차령터널(천안) 현황표

작성일 : 2018년 02월 01일

터널명	차령터널(천안)		
노선명	고속국도 25호선	시행청	한국도로공사
시점	충남 천안시 광덕면 원덕리	종점	충남 공주시 정안면 인풍리
터널형식	NATM	관리주체	천안논산고속도로(주)
차선수	2차선	환기방식	수직갱 및 제트팬
연장	2,420.0m	설계사	내경엔지니어링(주)
내공단면	B=10.3m, H=7.332m	시공사	현대건설(주)
배수형식	배수식	감리사	한국건설관리공사
종단기울기	1.8496%	착공	1997년 12월 25일
평균선형	직선	준공	2002년 12월 23일
연결통로	3개소 (비상주차대, 피난연결통로)	갱문형식	벨마우스
주요공법	NATM	보조공법	Forepoling, 프리그라우팅
기타			

정밀안전진단 참여기술진(1)

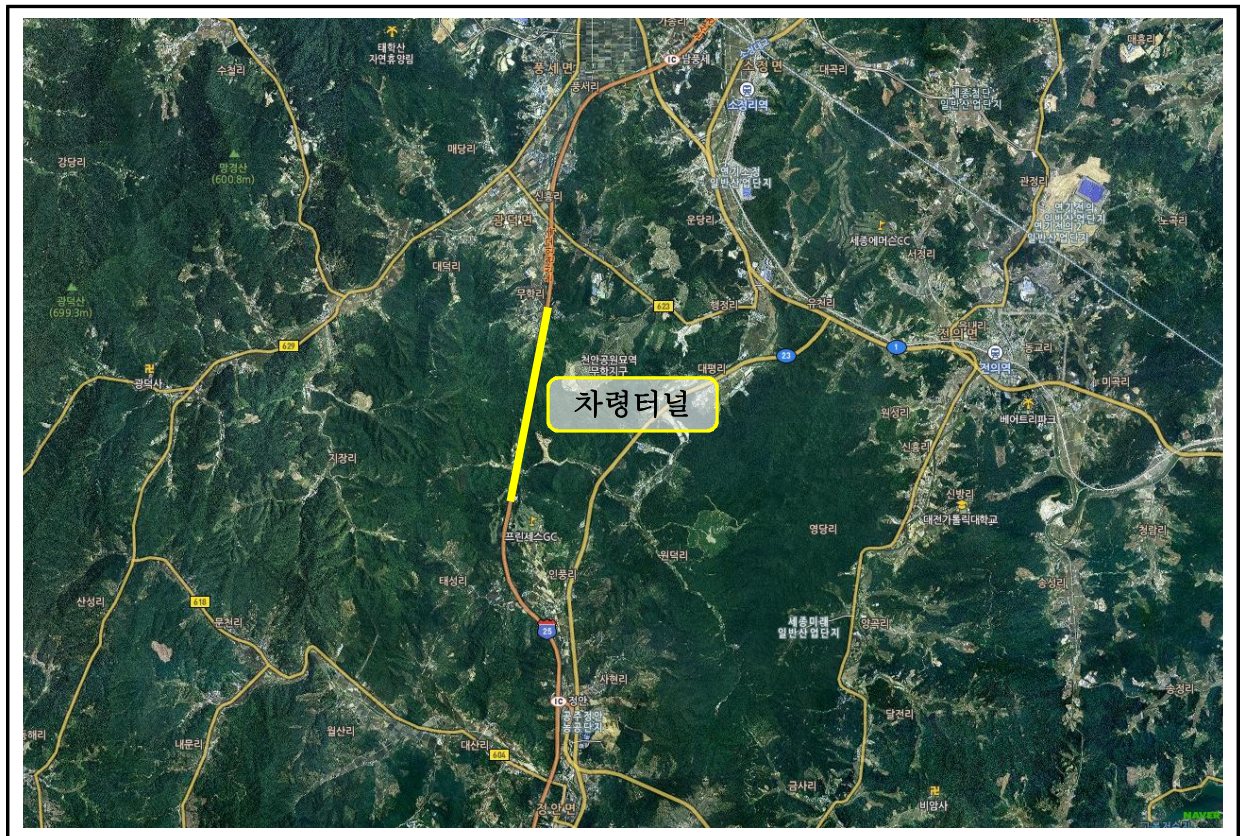
참여구분	참여분야	소 속	직 위	성 명	참여기간	서 명
책임기술자	사업책임	(주)한국구조물안전연구원	부원장	서종태	10월19일~06월30일 (255일)	
분야별 책임기술자	재료시험분야	(주)한국구조물안전연구원	부원장	오관수	10월19일~06월30일 (127일)	
	자료분석분야	(주)한맥기술	사장	최진선	10월19일~06월30일 (127일)	
분야별 참여기술자	재료시험분야	(주)한국구조물안전연구원	부원장	전국현	10월19일~06월30일 (127일)	
	자료분석분야	(주)한국구조물안전연구원	부원장	유창수	10월19일~06월30일 (127일)	
참여기술자	재료시험분야	〃	부장	김정대	10월19일~06월30일 (255일)	
		〃	차장	곽호정	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	차장	박선영	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	차장	최희림	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	차장	김충희	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	과장	김세열	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	차장	이덕주	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	과장	김정훈	10월19일~06월30일 (255일)	
		〃	과장	마권동	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	과장	현지홍	10월19일~06월30일 (127일)	

정밀안전진단 참여기술진(2)

참여구분	참여분야	소 속	직 위	성 명	참여기간	서 명
참여기술자	재료시험분야	(주)한국구조물안전연구원	부장	이상훈	10월19일~06월30일 (255일)	
		〃	대리	이주형	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	대리	차광희	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	대리	김영학	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	사원	김재홍	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	사원	김호섭	10월19일~06월30일 (255일)	
		〃	사원	김인하	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	부장	양승필	05월01일~06월30일 (61일)	
		〃	이사	이택수	06월01일~06월30일 (30일)	
		(주)한맥기술	부장	김승제	10월19일~06월30일 (255일)	
		〃	부장	김건훈	10월19일~03월22일 (155일)	
		〃	과장	박지훈	10월19일~06월08일 (233일)	
		〃	사원	김치엽	10월19일~06월30일 (255일)	
		〃	부사장	고삼암	03월23일~06월30일 (100일)	

시설물의 위치도





○ 시설물 위치 : 충청남도 천안시 광덕면 원덕리 (고속국도25호선)

시설물의 전경사진(1)



시점 전경



종점 전경

시설물의 전경사진(2)



터널 내부 전경



터널 천단부 전경

시설물의 전경사진(3)



측벽부 전경



공동구 전경

시설물의 전경사진(4)



포장 전경



환기시설 전경

시설물의 전경사진(5)



피난 연락갱 전경



터널 설명판 전경

정밀안전진단 결과 요약문

1. 과업의 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제7조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전진단으로서 시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 조치를 취하며, 상태 및 구조적 안전성, 사용성을 종합적으로 검토·평가하여 적절한 보수·보강방법 및 유지관리방안을 수립하여, 고속도로 시설물의 재난예방과 안전성 확보를 통해 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위

가. 정밀안전진단

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 안전성평가
- 5) 종합평가 및 안전등급 지정
- 6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시
- 7) 보고석 작성

나. 과업기간

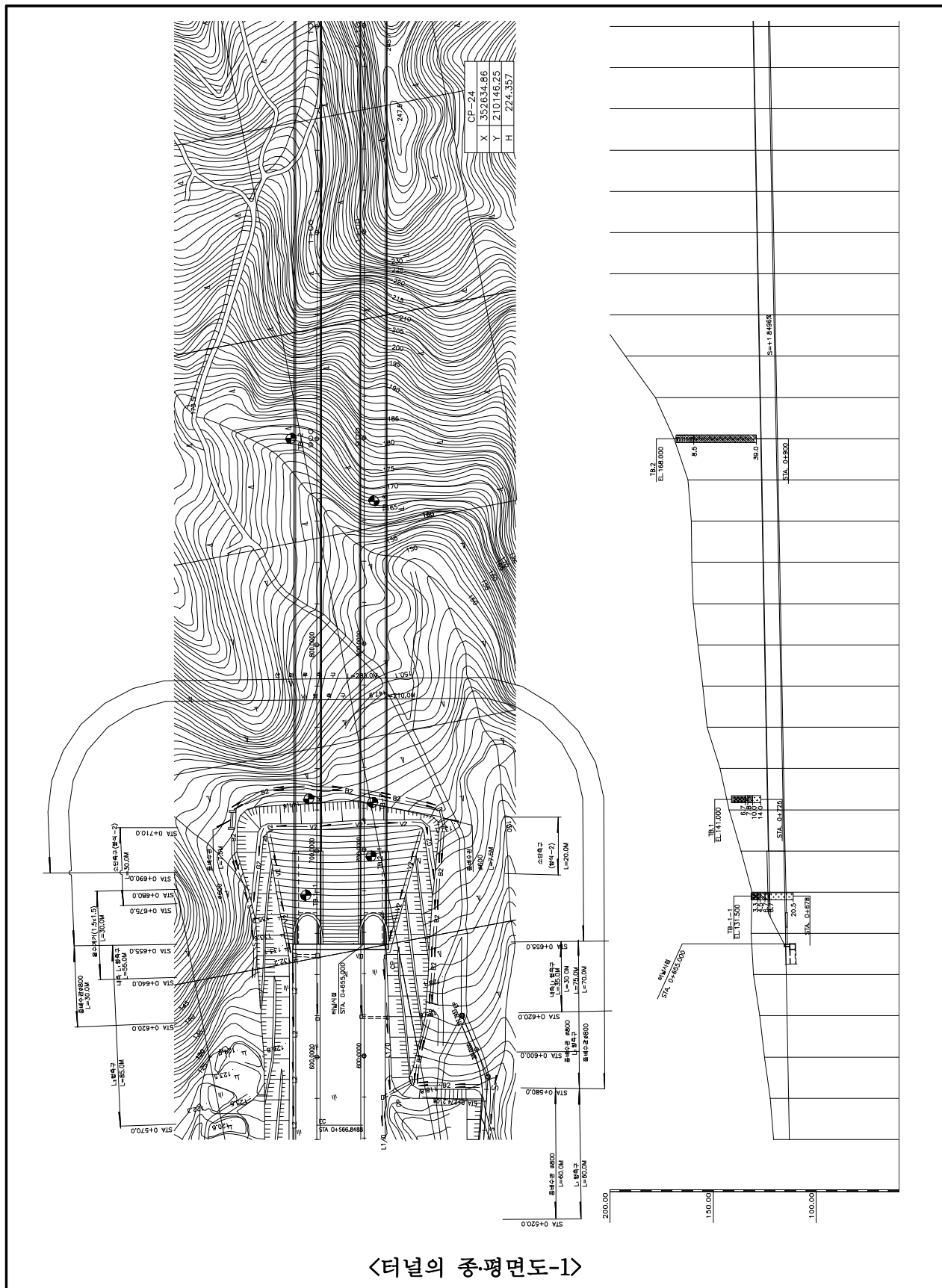
2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30(착수일로부터 255일간)

1.3 시설물의 개요

가. 시설물의 현황

터널명	차령터널(천안)		
노선명	고속국도 25호선	시행청	한국도로공사
시점	충남 천안시 광덕면 원덕리	종점	충남 공주시 정안면 인풍리
터널형식	NATM	관리주체	천안논산고속도로(주)
차선수	2차선	환기방식	수직갱 및 제트팬
연장	2,420.0m	설계사	내경엔지니어링(주)
내공단면	B=10.3m, H=7.332m	시공사	현대건설(주)
배수형식	배수식	감리사	한국건설관리공사
종단기울기	1.8496%	착공	1997년 12월 25일
평균선형	직선	준공	2002년 12월 23일
연결통로	3개소 (비상주차대, 피난연결통로)	갱문형식	벨마우스
주요공법	NATM	보조공법	Forepoling, 프리그라우팅
기타			

2) 시설물의 주요도면



— v —

퍼
계
집
시
함
파
지
함
상
고

五

한글
한글
한글

지표용어	단	장	비	고
1				
2	530.300			
3	610.300			
4	871.360			
5	91.000			
6	77.000			
5-1	58.440		재무부기스	
S1	64.400		비상준비금	
S2	32.200		비상준비금	
계	85.000			
계	2420.000			

2. 자료수집 및 분석

2.1 보수·보강 이력

일 자	내 용	물 량	비 고
02년 12월	라이닝 균열보수	-	준공전 보수
07년 08월	라이닝 균열보수 및 손상부 하자 보수	-	하자보수
08년 10월	라이닝 균열보수 및 손상부 하자 보수	-	하자보수
16년 10월	천정부 균열보수	-	2016 시설물 연간 유지보수 공사

2.2 점검 및 진단이력

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
1	초기점검	2003.04	(주)아워브레인	· 전반적으로 양호한 상태 · 부분적으로 단면보수 및 균열보수 필요	A
2	정기점검	2003.12	(주)아워브레인	· 측벽 타일부 수직균열 일부발생(주의관찰) · 천단부 중,횡방향 균열 다수발생, 보수필요	-
3	정기점검	2004.6	(주)아워브레인	· 측벽 타일 균열 및 백태 일부발생 · 천단부 중,횡방향 균열 다수발생, 보수필요	-
4	정기점검	2004.12	(주)아워브레인	· 측벽 타일 균열 및 백태 일부발생 · 천단부 중,횡방향 균열 다수발생, 보수필요	-
5	정밀점검	2005.6	(주)한길종합 엔지니어링	· 천구간에 걸쳐 천단부 라이닝에 0.3mm내외의 중· 횡방향 균열이 다수 발생 · 균열 보수를 통한 내구성 확보가 요구됨. · 기타 측면 및 그레이팅 파손등의 경미한 손상은 손상의 진행 상태 관찰을 건의함.	B
6	정기점검	2005.12	(주)한길종합 엔지니어링	· 천정부 및 좌·우측 벽체 하단부에 균열 (폭:0.2mm~0.5mm) 전반적으로 발생된 상태 · 입·출구부 상단 표면처리부에 콘크리트 모르 터 균열 및 박락 등이 발생(보수 필요) · 내구성 확보 등을 위하여 균열부에 대한 보수를 실시하며, 추후 보수부에 대하여 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요함.	-
7	정기점검	2006.6	(주)한길종합 엔지니어링	· 천정부 및 좌·우측 벽체 하단부에 균열(균열 폭:0.2~0.5mm)이 전반적으로 발생. · 바닥콘크리트 덮개부 및 연석부 등에 박락 및 파손이 관찰됨. · 벽면 굽힘 및 연석 파손등이 조사됨. · 갭문 상단 표면마감처리부에 콘크리트 박리 및 균열등이 발생된 상태. · 내구성 및 사용성 확보를 위하여 발생한 손상 부에 대하여 보수공사가 필요한 상태이며, 시 설물 유지관리 계획에 의거 지속적인 관찰을 통한 시설물의 유지관리가 필요함.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
8	정기점검	2006.12	(주)한길종합 엔지니어링	· 측벽 하부, 천정부에 균열 발생됨.. · 벽체 횡균열이 국부적으로 관찰됨. · 인버트 상부 콘크리트 덮개 박락 및 파손등이 관찰됨. · 벽체 타일 굽힘 및 연석부 파손, 누수 및 백태, 갯문부 망상균열, 콘크리트 박리 박락 심화등의 손상등이 진전되는 양상으로 관찰됨. · 내구성 확보를 위하여 발생된 손상부에 대하여 보수가 필요하며, 향후, 지속적인 관찰을 통한 시설물의 유지관리가 필요함.	-
9	정밀점검	2007.6	(주)한길종합 엔지니어링	· 천단부와 벽체에 0.3mm이상 균열 다수 발생 · 인버터부 콘크리트 파손, 벽체 타일 파손, 굽힘 등이 조사됨. · 일부 시공조인트에 누수, 백태와 교면포장 측면부에 균열등이 조사됨. · 갯문 균열 및 박락이 일부 심화된 상태임. · 내구성 확보를 위하여 발생된 손상부에 대하여 보수가 필요하며, 향후, 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함.	B
10	정기점검	2007.12	(주)한길종합 엔지니어링	· 측벽 하부, 천정부에 균열이 조사됨. · 벽체 횡균열이 국부적으로 관찰됨. · 인버트 상부 덮개 박락 및 파손 등이 관찰됨. · 벽체부 타일 굽힘 및 연석부 파손, 누수 및 백태 등의 손상이 발생됨. · 갯문부에 보수부 재균열이 조사됨. · 구조물의 내구성 확보를 위하여 발생된 손상부에 대하여 보수가 필요하며, 향후 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함.	-
11	정기점검	2008.06	(주)한길종합 엔지니어링	· 측벽 하부, 천정부에 균열이 발생됨. · 벽체 횡균열이 국부적으로 관찰됨. · 콘크리트 덮개 박락, 파손 등이 관찰됨. · 벽체부 타일 굽힘 및 연석부 파손, 누수 및 백태 등의 손상이 발생됨. · 갯문 재균열 및 박락이 조사됨. · 미보수된 균열 및 손상에 대하여 내구성 확보 차원에서 추가적인 보수가 필요하며, 향후 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
12	정기점검	2008.12	(주)한길종합 엔지니어링	· 천정 및 벽체 균열, 배수시설 덮개 파손 등의 보수상태도 양호 · 천정 및 벽체부에 균열, 타일 굽힘 및 파손, 연석 파손, 배수시설 덮개 파손 및 박리, 누수 및 백태, 포장부 박락 등이 조사됨. · 갯문 보수부 재균열, 박락, 들뜸 등이 관찰됨. · 손상부에 대해서는 보수 및 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요하다.	-
13	정밀점검	2009.06	(주)아워브레인	· 대체로 양호한 상태 · 수지주입공법, 단면보수, 정비 필요	B
14	정기점검	2009.12	(주)아워브레인	· 라이닝의 다수 콘크리트 균열, 타일마감부 균열, 조인트 부위 균열 및 들뜸 등과 바닥부 콘크리트 포장의 국부적인 손상, 측벽부 및 공동구에 외부 충격에 의한 타일 파손, 콘크리트 파손 및 철근노출 등이 관찰됨. · 갯문 균열 및 도장박리, 터널부사면의 경미한 손상 등이 일부 관찰됨 · 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태임.	-
15	정기점검	2010.06	(주)아워브레인	· 라이닝의 다수 콘크리트 균열, 타일마감부 균열, 바닥부 포장의 국부적인 손상, 측벽부 및 공동구 타일 파손, 콘크리트 파손 및 철근노출, 갯문 균열 및 도장박리, 터널부사면의 경미한 손상 등이 일부 관찰됨. · 내구성 증진을 위하여 일부의 추가 보수와 지속적인 주의관찰이 필요함.	-
16	정기점검	2010.12	(주)아워브레인	· 라이닝 다수 콘크리트 균열, 타일마감부 균열과 바닥부 포장 손상, 측벽부 및 공동구에 타일 파손, 콘크리트 파손 및 철근노출, 갯문 균열 및 도장박리 등이 조사됨. · 내구성 증진을 위하여 일부 보수와 지속적인 주의관찰이 필요한 상태임.	-
17	정밀점검	2011.06	(주)한길종합 엔지니어링	· 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태임.	B
18	정기점검	2011.12	(주)한길종합 엔지니어링	· 천장부 및 어깨부 라이닝의 다수 콘크리트 균열, 망상균열, 타일마감부 균열, 조인트 부위 균열 및 들뜸, 박락, 반달 균열 등과 바닥부 국부적 손상, 박락 및 파손, 측벽부 및 공동구에 타일 파손, 콘크리트 파손 및 철근노출, 갯문 균열 및 도장박리 등이 조사됨. · 내구성 증진을 위하여 일부 보수와 지속적인 주의관찰이 필요한 상태임.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
19	정기점검	2012.06	(주)한길종합 엔지니어링	· 라이닝에 다수 콘크리트 균열, 망상균열, 타일 마감부 균열, 조인트 부위 균열 및 들뜸, 박락, 누수흔적 및 백태 등의 손상이 있음. · 포장 국부적 박락 및 파손, 측벽부 및 공동구 타일 파손 등이 조사됨. · 갯문에는 균열 및 도장박리, 망상균열, 들뜸 등의 손상이 관찰됨. · 지속적인 주의관찰 및 보수를 실시한다면 공용중 구조물의 사용성에 문제가 없을 것으로 판단됨.	-
20	정밀안전 진단	2013.06	비엔티 엔지니어링(주)	갯구부 균열, 박리, 파손 등, 라이닝 콘크리트 균열, 보수부 재균열, 박리, 박락, 파손, 라이닝 측벽 타일 균열, 파손, 탈락 등, 공동구, 균열, 보수부 재균열, 누수 및 백태, 철근 노출 등, 포장면 균열, 박리, 박락 등, 피난연결통로 타일 균열, 등	B
21	정기점검	2013.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물은 이전 정밀안전진단 이후 천안방향의 본선라이닝 등에서 다수의 보수가 시행되었으며 전반적인 상태는 양호한 것으로 판단된다. 기발생된 주요손상으로는 라이닝 천단부 및 측벽부의 다수 균열, 타일 탈락, 조인트부 국부적인 단면손상 등이 있으며 그 외 바닥부 콘크리트 포장 및 공동구의 국부 단면손상 등이 관찰되었다. 관찰된 손상중 신규발생 또는 진전이 뚜렷한 손상은 거의없는 것으로 판단되나 내구성 저하방지 및 손상확대 예방을 위한 일부 추가 보수가 필요한 상태이다. 터널내 배수시설, 전기 및 조명, 소화, 환기시설은 대체로 양호한 상태로 조사되었다. 따라서, 상기 기술된 손상에 대한 일부 보수와 지속적인 점검을 통한 손상 진전여부의 관찰을 실시한다면 터널의 건전한 상태 유지에 문제가 없을것으로 판단된다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
22	정기점검	2014.06	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상 시설물의 상태는 ‘양호’인 것으로 판단되며, 이전 점검이후 논산방향 본선라이닝 균열, 조인트부 단면손상 등에서 다수의 보수가 시행된 것으로 확인되었으며 전회 실시한 천안방향의 보수상태도 대체로 양호한 것으로 판단된다. 기발생된 주요 손상으로는 라이닝 천단부 및 측벽부의 다수 균열, 백태, 타일 탈락, 조인트부 국부적인 단면손상 등이 있으며, 바닥부 콘크리트 포장 및 공동구의 국부 단면손상 등이 관찰되었다. 기 발생된 손상은 신규발생이 거의 없고 및 뚜렷한 진전을 보이는 것은 아닌 것으로 조사되었으며 주요손상에 대해서는 대체로 보수를 실시한 상태이다. 현시점에서는 기보수부위의 재손상 여부, 일부 미보수된 구간의 손상 진전여부에 대해 주의관찰을 실시하는 유지관리가 바람직한 것으로 판단된다. 그 외 그 외 터널내 배수시설, 전기 및 조명, 소화, 환기시설은 대체로 양호한 상태로 조사되었다.	-
23	정기점검	2014.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상 시설물의 상태는 ‘양호’인 것으로 판단되며, 이전점검 이후 논산방향 본선라이닝 균열, 조인트부 단면손상, 공동구 덮개 파손 등에서 보수가 시행된 것으로 확인되었다. 주요 손상으로는 라이닝 천단부 및 측벽부의 균열, 타일 탈락 및 균열, 조인트부 국부적인 단면손상 등이 있으며, 콘크리트 포장 및 공동구의 단면손상 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 신규발생은 거의 없고, 손상의 진전도 없는 것으로 조사되었으며, 일부 미보수된 구간의 손상 진전여부에 대해 주의관찰을 실시하는 유지관리가 바람직한 것으로 판단된다. 그 외 터널내 배수시설, 전기 및 조명, 소화, 환기시설은 양호한 상태로 조사되었다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
24	정밀점검	2015.06	(주)아워브레인	차령터널(천안)에 대한 정밀점검 결과, 본 시설물은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없는 상태인 “B” 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 13년도에 실시한 정밀안전진단 이후 조사된 손상에 대한 하자보수가 실시된 것으로 관찰되었으며, 보수부의 상태도 양호한 것으로 조사되었다. 조사된 주요 손상으로는 라이닝 균열 및 재균열, 공동, 들뜸, 국부 탈락, 타일 파손, 철근 피복부족, 포장부 균열 및 파손, 공동구 굽힘 및 파손 등이 발생되었다. 기 발생된 손상현황은 이전 점검과 비교시 손상의 진전은 미미한 상태이로 진전시 보수를 고려하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직하며, 특히 조인트부에 발생한 들뜸 및 박락에 대해서는 포장부로 낙하시 주행차량에 영향을 미칠수 있으므로 세심한 관찰을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.	B
25	정기점검	2015.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상 시설물의 상태는 터널의 안전성을 저해할 만한 주요 부재의 심각한 손상은 없는 ‘양호’한 상태로 판단되며, 다만 유지관리차원에서 일부 보수를 요하는 손상이 발생한 상태이다. 이전 점검이후 본 선라이닝 조인트부 단면손상, 배수구 그레이팅 교체 등의 보수가 시행된 것으로 확인되었다. 주요 손상으로는 라이닝 천단부 및 측벽부의 균열, 타일 탈락 및 균열, 조인트부 국부적인 단면손상, 철근피복두께 부족 등이 있으며, 콘크리트 포장 및 공동구의 단면손상 등이 관찰되었다. 기 조사된 손상의 진전은 미미한 상태이며, 손상의 진전여부에 대해 주의관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다. 그 외 터널내 배수시설, 전기 및 조명, 소화, 환기시설은 양호한 상태로 조사되었다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
26	정기점검	2016.06	(주)동우기술단	정기점검결과 조사된 손상은 대부분이 기존에 발생된 것으로서 일부 손상은 보수가 실시되었으며 기존 손상의 진전은 미미한 상태이다. 전반적인 터널의 안전성에 문제가 될 만한 손상은 조사되지 않았다. 이에 정기적인 점검을 통해 손상의 진전유무를 관찰하고 지속적인 유지관리가 필요하다. 다만 라이닝 천단부에 발생된 손상은 향후 정밀점검 또는 정밀안전진단 시 근접조사를 통해 보수여부를 판단하는 것이 바람직하다.	-
27	정기점검	2016.12	(주)동우기술단	정기점검 결과 조사된 손상은 대부분이 기존에 발생된 것으로서 일부 손상은 보수가 실시되었으며 기존 손상의 진전은 미미한 상태이다. 전반적인 터널의 안전성에 문제가 될 만한 손상은 조사되지 않았다. 이에 정기적인 점검을 통해 손상의 진전유무를 관찰하고 지속적인 유지관리가 필요하다. 다만 라이닝 천단부에 발생된 손상은 향후 정밀점검 또는 정밀안전진단 시 근접조사를 통해 보수여부를 판단하는 것이 바람직하다.	-
28	정밀점검	2017.6	(주)장민이엔씨	· 갱구부 외관상태 양호 · 갱구부 사면 및 배수로 양호 · 라이닝 천단부 종방향 및 횡방향 균열, 망상균열, 들뜸, 박리, 박락, 파손, 백태, 철근 피복두께, 철근노출 · 라이닝 측벽부 균열, 들뜸, 박락, 파손, 백태, 타일 균열, 탈락, 파손, 소화전 및 전선 덮개 탈락, 파손, 덮개 파손, 박리 · 공동구 균열, 망상균열, 균열백태, 굽힘, 들뜸, 박리, 박락, 백태, 파손, 철근노출, 타일 균열, 굽힘, 탈락 · 바닥부 포장 콘크리트 균열, 망상균열, 굽힘, 박리, 파손, 패임, 철근노출 · 피난연결통로 균열, 타일파손 · 배수시설 배수 상태양호, 배수로 측구 균열	B

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
29	정기점검	2017.12	(주)장민이앤씨	정기점검 결과 일부 신규 손상을 제외한 대부분의 손상이 기존에 발생된 것으로 전반적인 터널의 안전성에 문제가 될 만한 손상은 조사되지 않았으며, 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었다. 균열(cw=0.3mm이상)의 경우 유지관리차원에서 보수가 필요할 것으로 판단되며, 정기적인 점검을 통해 손상의 진전 유무를 관찰하고 지속적인 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.	-

2.3 자료수집 및 분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 천안-논산간 고속도로 민간투자 시설사업 제2공구 - 공사시방서 - 구조계산서 - 일반보고서 - 토질조사보고서 - 초기점검보고서	◇ 구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계 당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 설계도면과 실측 제원 비교시 주요 부재에 대하여 전반적으로 동일 ◇ 점검시설의 경우 설치하는 것으로 제시되었으나 현재 미설치 된 것으로 검토됨	◇ 본 과업은 구조물 정밀 안전진단이므로 외관조사망도의 정비 및 면밀한 외관조사 실시
유 지 관 리 자 료	◇ 정기점검 및 정밀점검 정밀안전진단 ◇ 보수·보강 이력	◇ 15년간 공용하면서 별다른 문제가 없는 양호한 상태 ◇ 일부 발생한 손상에 대하여 보수 필요 ◇ 보수 및 보강 이력은 관리주체에 제공받아 검토됨	

3. 현장조사 및 시험

3.1 외관조사 결과요약

- 라이닝 천장부 및 어깨부의 외관조사 결과 균열 및 망상균열이 조사되었으며 폭 0.1~0.3mm의 균열이 발생한 상태이다. 균열폭 0.3mm이상의 균열은 전구간에 대하여 대부분 보수를 실시하였으며, 금회 조사된 균열은 기 조사된 균열로서 보수 시 일부 누락된 것으로 판단된다. 종·횡·사방향의 다양한 유형이나, 기존 조사된 상태에서 특이 진전이 없는 상태로써 구조적 원인 또는 진행성 균열은 아닌 것으로 판단된다. 금회 조사된 균열폭 0.3mm이상의 균열에 대해서는 주입보수 이후 재균열 발생여부에 대하여 지속적인 관찰이 필요하며, 기 보수된 균열의 변화 양상도 장기적으로 지속관찰하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 균열폭 0.1~0.2mm 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다. 또한 라이닝 신축이음부에 박락이 발생하였으며 발생원인은 시공이음 주변은 거푸집 탈형과정에서 국부적으로 손상될 수 있으며, 본 터널에도 다수의 시공이음 주변 박락우려 부위가 있었던 것으로 파악되었다.
- 측벽부는 타일이 시공된 벽체구간으로서 균열발생의 주요 원인은 라이닝 콘크리트와 공동구 콘크리트의 타설시기 차이에 따른 구속응력 및 스판구분 경계인 시공이음 주변의 시공초기 응력집중 등에 의하여 발생한 손상으로 판단된다. 일부 타일손상(균열, 파손)과 병행하여 발생되었으나, 연장 및 규모가 크지 않고, 전반적으로 주변 부재에 영향을 미치지 않고, 안전성에 문제가 되는 균열 발생 유형은 아니므로 폭 0.3mm 이상의 균열에 대해서는 관리방침에 따라 균열보수를 실시하고, 폭 0.2mm 이하의 균열은 지속관찰을 통한 관리가 바람직할 것으로 판단된다. 측벽부에 발생한 손상은 대부분 발생정도가 경미하고 기존 점검과 비교검토시 크게 진전이 발생되지 않은 상태로써 일부 차량 충격에 의한 손상이 신규로 발생되어 있는 상태이다. 사용중 주행차량의 안전에 영향을 미칠 상태는 아니지만 미관 및 사용성 증대를 위하여 측벽부에 발생한 손상중에 타일 균열, 박락, 파손 및 탈락에 대해서는 보수조치가 요구된다.
- 갯문에 발생한 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며 도장박리가 전반적으로 조사되었다. 공용기간 증대에 의한 노후화로 발생한 손상으로 판단된다.
- 갯구부 성토사면은 인장균열 및 수목의 기울어짐, 슬라이딩, 활동 등의 사면 손상이 발생되지 않은 상태로 조사되었다. 전반적으로 사면의 외관상태는 안정적인 상태로 조사되었다.

- 배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손 등은 발생되지 않았으나 배수시설 상면에 균열 및 파손이 발생한 것이 조사되었다. 배수구 상면에 발생한 균열은 시공초기 건조수축에 의한 횡방향 균열로서 전차 점검에 비교하여 다소 손상물량이 증가하였으나 누락에 의한 것으로 특이 진전은 보이지 않은 상태이다. 배수구 상면에 발생한 파손은 충격에 의한 파손으로 진전은 없는 상태이다.
- 공동구 측벽 및 배수로 상면은 폭에 비하여 길이가 긴 장방형 부재의 특성상 콘크리트 양생 시 건조수축 균열이 발생되기 쉬운 구조로서 폭 0.2mm이하의 횡방향 균열이 다수 발생한 상태이다. 균열 폭 0.2mm이하의 균열은 다소 증가하였으나, 미세균열로서 누락에 따른 결과로서 특이 진전 양상은 보이지 않고 있다.
- 포장에 발생한 균열은 건조수축 및 수화열, 차량 운하중에 의한 반복하중에 의해 발생한 것으로 판단된다. 포장굽힘, 박리, 파손 등의 손상은 상대적으로 손상 발생이 쉬운 신축이음부 및 측구와 연결부 등에서 주로 발생한 것으로 조사되었다.
- 피난연락갱은 전면 타일 시공이 이루어진 상태로서 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며 E1 천단부에 국부적으로 손상이 조사되었다.
- 환기시설은 JET-FAN 종류식으로 이루어져 있는 것으로 조사되었으며 부착상태 및 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.

3.2 내구성 결과요약

- 비파괴강도 측정결과, 설계기준 대비 평균 109.6~130.0%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도의 100%를 상회하는 양호한 것으로 측정되었으며 공용년 수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.
- 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.
- 탄산화깊이 측정치와 최소 피복두께를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급” 으로 평가되었다.
- 염화물함유량 시험은 건전부 구간에서 “b등급” 이상으로 평가되었다.
- 균열깊이 측정결과, 폭 0.3mm이상 균열의 균열깊이는 라이닝 두께 이상 진행된 상태는 아닌 상태로 조사되었으며 무근구간으로 분석되었다.

3.3 터널 측량 결과요약

- 터널 단면측량은 광과기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 14개소의 단면에서 구조물의 변형발생여부 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 단면측량 결과 일부 구간(S154, S198, S220)에서 약 5~8cm 정도 높이차가 발생한 것으로 조사되었으나, 사용기기의 정밀도 차이 및 측정위치의 미세한 오차로 판단되며, 전반적으로 설계도면과 일치하는 것으로 분석되었다.
- 터널 종단측량은 광과기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 28개소의 위치에서 구조물의 종단구배 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 종단측량 결과 설계도면과 비교시 전체 구배는 설계도의 1.7504%와 비슷한 값인 1.7604%로 측정되어 종단구배는 설계도와 일치하는 것으로 분석되었다.

3.4 GPR 탐사 결과요약

- GPR탐사단면으로부터 공동의 정확한 두께를 측정할 수는 없지만 반사면의 강도, 반사형태등으로 추정하였다. 조사된 총 10개소의 배면공동은 연장 1.0~3.0m, 추정두께 0.2m 이 내로서 그 규모가 크지 않아 즉각적인 보수보다는 주기적인 육안관찰 및 GPR탐사를 통해 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4. 시설물의 상태평가

4.1 시설물 전체 상태평가 결과

구분	라이닝										터널 주변	결함 점수	결함 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결함지수 (A)*(B)
	균열	누수	파손 및 손상	재질열화											
				박리	충분리 및 박락	백태	재료분 리	철근 노출	탄산화	염화물					
무근	3.34	0.00	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	-	-	-	2.00	5.42	0.160	0.848	0.136
철근	3.97	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	2.00	6.37	0.148	0.152	0.023
결함지수															0.159
기본시설 상태평가 결과															b

5. 안전성평가

5.1 무근 콘크리트 라이닝 검토결과

구 분		계수(Mu)	설계(ϕMn)	안전율($\phi Mu/Mu$)	검토결과
천 장 부	모멘트	33.20	168.30	5.07	O.K
	축 력	378.70	2359.50	6.23	O.K
	전단력	45.60	88.90	1.95	O.K
어 깨 부	모멘트	34.60	168.30	4.86	O.K
	축 력	420.20	2359.50	5.62	O.K
	전단력	33.20	88.90	2.68	O.K
측 벽 부	모멘트	5.10	168.30	33.00	O.K
	축 력	436.10	2359.50	5.41	O.K
	전단력	10.30	88.90	8.63	O.K

5.2 철근 콘크리트 라이닝 검토결과

구 분		계수(Mu)	설계(ϕMn)	안전율($\phi Mu/Mu$)	검토결과
천 장 부	모멘트	36.50	168.30	4.61	O.K
	축 력	417.00	2359.50	5.66	O.K
	전단력	50.10	88.90	1.77	O.K
어 깨 부	모멘트	38.00	168.30	4.43	O.K
	축 력	462.20	2359.50	5.10	O.K
	전단력	38.70	88.90	2.30	O.K
측 벽 부	모멘트	5.60	168.30	30.05	O.K
	축 력	479.30	2359.50	4.92	O.K
	전단력	11.40	88.90	7.80	O.K

5.3 철근 콘크리트 라이닝 검토결과

가. 기능수행수준

위치	해석 단면력			공칭 단면력			철근량	
	모멘트 (kN·m)	축력 (kN)	전단력 (kN)	모멘트 (kN·m)	축력 (kN)	전단력 (kN)	주철근	전단철근
천단부	562.3	1004.20	236.10	1781.48	3181.51	745.53	인)D25@150 압)D32@150	D16@600
어깨부	857.20	2140.60	377.00	2116.48	5285.28	790.82	인)D25@150 압)D32@150	D16@600
측벽부	353.40	1617.10	372.00	1701.17	7784.25	871.63	인)D25@150 압)D32@150	D16@600
바닥부	256.00	45.50	241.90	738.13	131.19	707.32	인)D25@150 압)D32@150	D16@600

나. 붕괴방지수준

위치	해석 단면력			공칭 단면력			철근량	
	모멘트 (kN·m)	축력 (kN)	전단력 (kN)	모멘트 (kN·m)	축력 (kN)	전단력 (kN)	주철근	전단철근
천단부	698.50	997.90	299.30	1409.04	2013.00	745.28	인)D25@150 압)D32@150	D16@600
어깨부	1076.80	2196.60	384.70	2016.89	4114.33	793.05	인)D25@150 압)D32@150	D16@600
측벽부	886.20	1361.40	471.20	1516.78	2330.10	861.44	인)D25@150 압)D32@150	D16@600
바닥부	676.80	132.80	639.40	743.48	145.88	710.80	인)D25@150 압)D32@150	D16@600

다. 철근량 검토 내용

기존 철근보강으로 본 해석단면은 지진발생에 대한 충분한 안전율을 확보하고 있어 기능 수행수준 및 붕괴방지수준에 부합하는 것으로 판단됨.

6. 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
차령터널 (천안)	0.159	B	1.5이상 무근 콘크리트 라이닝 1.5이상 철근 콘크리트 라이닝	A	B
종합평가	- 차령터널(천안)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 - 안전성평가 결과 라이닝 구간 모두 최소 안전율 1.0이상으로 “A” 로 평가됨 - 상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 차령터널(천안)은 “B 등급” 로 평가됨				

6.2 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	차령터널(천안)	B등급(양호)

7. 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 보수·보강 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
라이닝	균열(0.3mm이상)	주입보수	4.50	1.69	m ²	75	127	2
	박락	단면보수	4.35	6.53	m ²	230	1,502	2
측벽부	균열(0.3mm이상)	주입보수	25.50	9.56	m ²	50	478	2
	백태	표면보수	0.06	0.09	m ²	75	7	2
	파손	단면보수	4.40	6.60	m ²	230	1,518	2
배수시설	파손	단면보수	1.26	1.89	m ²	230	435	2
공동구	균열(0.3mm이상)	주입보수	20.00	7.50	m ²	75	563	2
	박리	단면보수	0.64	0.96	m ²	230	221	2
	박락	단면보수	17.29	25.94	m ²	230	5,966	2
	철근노출	단면보수(방청)	0.07	0.11	m ²	250	28	2
	철근부식	단면보수(방청)	0.50	0.75	m ²	250	188	2
	덮개박리	단면보수	25.41	38.12	m ²	230	8,768	3
	덮개파손	단면보수	12.32	18.48	m ²	230	4,250	2
포장	포장박리	단면보수	8.33	12.50	m ²	230	2,875	2
	포장파손	단면보수	1.64	2.46	m ²	230	566	2
순공사비 합계(천원)						27,492		
제경비(순공사비×50%, 천원)						13,746		
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위				-		
		2순위				28,086		
		3순위				13,152		
유지보수 개략공사비 총계						41,238		

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 포함한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.

※ 유지보수 개략공사비 총계는 부대공을 포함하여 합산한 금액임.

※ 면적환산 = 균열보수(0.3mm미만) : L(길이) × 0.25m(폭)

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

7.2 유지관리방안

부재구분	중 점 점 검 내 용
라이닝 천단부	• 폭 0.1~0.3mm 균열, 망상균열 • 신축이음부 박락 진전 여부
라이닝 측벽부	• 폭 0.1~0.3mm 균열, 망상균열 • 타일균열, 타일긁힘, 타일파손, 타일박락, 타일탈락 등 진전 여부
갱문	• 도장박리 진전 여부
배수시설	• 종방향 균열 • 파손 진전여부
공동구	• 폭 0.1~0.3mm 균열 • 박리, 박락, 파손, 재료분리, 철근노출, 철근부식 • 덮개 박리, 덮개 재료분리, 덮개 파손 • 타일균열, 타일탈락, 타일파손
교면포장	• 포장부 균열 진전 여부 • 이음부 파손 진전 여부
피난연락갱	• 천단부 박락 진전 여부
부속시설	• 설치상태 및 관리상태, 작동상태 지속관리

8. 종합결론

본 과업 대상 터널인 차령터널(천안방향)은 천안논산선(이정 : 263.18km)상의 터널로 2002년 4차선(천안 : 2차선, 논산 : 2차선)으로 준공하였다.

본 과업은 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사, 각종시험 및 구조안전성평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

가. 현장조사 결과

- 라이닝 천장부 및 어깨부의 외관조사 결과 균열 및 망상균열이 조사되었으며 폭 0.1~0.3mm의 균열이 발생한 상태이다. 균열폭 0.3mm이상의 균열은 전구간에 대하여 대부분 보수를 실시하였으며, 금회 조사된 균열은 기 조사된 균열로서 보수 시 일부 누락된 것으로 판단된다. 종·횡·사방향의 다양한 유형이나, 기존 조사된 상태에서 특이 진전이 없는 상태로서 구조적 원인 또는 진행성 균열은 아닌 것으로 판단된다. 금회 조사된 균열폭 0.3mm이상의 균열에 대해서는 주입보수 이후 재균열 발생여부에 대하여 지속적인 관찰이 필요하며, 기 보수된 균열의 변화 양상도 장기적으로 지속관찰하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 균열폭 0.1~0.2mm 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다. 또한 라이닝 신축이음부에 박락이 발생하였으며 발생원인은 시공이음 주변은 거푸집 탈형과정에서 국부적으로 손상될 수 있으며, 본 터널에도 다수의 시공이음 주변 박락우려 부위가 있었던 것으로 파악되었다.
- 측벽부는 타일이 시공된 벽체구간으로서 균열발생의 주요 원인은 라이닝 콘크리트와 공동구 콘크리트의 타설시기 차이에 따른 구속응력 및 스펀구분 경계인 시공이음 주변의 시공초기 응력집중 등에 의하여 발생한 손상으로 판단된다. 일부 타일손상(균열, 파손)과 병행하여 발생되었으나, 연장 및 규모가 크지 않고, 전반적으로 주변 부재에 영향을 미치지 않고, 안전성에 문제가 되는 균열 발생 유형은 아니므로 폭 0.3mm 이상의 균열에 대해서는 관리방침에 따라 균열보수를 실시하고, 폭 0.2mm 이하의 균열은 지속관찰을 통한 관리가 바람직할 것으로 판단된다. 측벽부에 발생한 손상은 대부분 발생정도가 경미하고 기존 점검과 비교검토시 크게 진전이 발생되지 않은 상태로서 일부 차량 충격에 의한 손상이 신규로 발생되어 있는 상태이다. 사용중 주행차량의 안전에 영향을 미칠 상태는 아니지만 미관 및 사용성 증대를 위하여 측벽부에 발생한 손상중에 타일 균열, 박락, 파손 및 탈락에 대해서는 보수조치가 요구된다.
- 갭문에 발생한 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며 도장박리가 전반적으로 조사되었다. 공용기간 증대에 의한 노후화로 발생한 손상으로

판단된다.

- 갱구부 성토사면은 인장균열 및 수목의 기울어짐, 슬라이딩, 활동 등의 사면 손상이 발생되지 않은 상태로 조사되었다. 전반적으로 사면의 외관상태는 안정적인 상태로 조사되었다.
- 배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손 등은 발생되지 않았으나 배수시설 상면에 균열 및 파손이 발생한 것이 조사되었다. 배수구 상면에 발생한 균열은 시공초기 건조수축에 의한 횡방향 균열로서 전차 점검에 비교하여 다소 손상물량이 증가하였으나 누락에 의한 것으로 특이 진전은 보이지 않은 상태이다. 배수구 상면에 발생한 파손은 충격에 의한 파손으로 진전은 없는 상태이다.
- 공동구 측벽 및 배수로 상면은 폭에 비하여 길이가 긴 장방형 부재의 특성상 콘크리트 양생 시 건조수축 균열이 발생되기 쉬운 구조로서 폭 0.2mm이하의 횡방향 균열이 다수 발생한 상태이다. 균열 폭 0.2mm이하의 균열은 다소 증가하였으나, 미세균열로서 누락에 따른 결과로서 특이 진전 양상은 보이지 않고 있다.
- 포장에 발생한 균열은 건조수축 및 수화열, 차량 윤하중에 의한 반복하중에 의해 발생한 것으로 판단된다. 포장굽힘, 박리, 파손 등의 손상은 상대적으로 손상 발생이 쉬운 신축이음부 및 측구와 연결부 등에서 주로 발생한 것으로 조사되었다.
- 피난연락갱은 전면 타일 시공이 이루어진 상태로서 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며 E1 천단부에 국부적으로 손상이 조사되었다.
- 환기시설은 JET-FAN 종류식으로 이루어져 있는 것으로 조사되었으며 부착상태 및 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.

나. 시험 및 측정 결과

- 비파괴강도 측정결과, 설계기준 대비 평균 109.6~130.0%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도의 100%를 상회하는 양호한 것으로 측정되었으며 공용년 수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.
- 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.
- 탄산화깊이 측정치와 최소 피복두께를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급”으로 평가되었다.

- 염화물함유량 시험은 건전부 구간에서 “b등급” 이상으로 평가되었다.
- 균열깊이 측정결과, 폭 0.3mm이상 균열의 균열깊이는 라이닝 두께 이상 진행된 상태는 아닌 상태로 조사되었으며 무근구간으로 분석되었다.
- 터널 단면측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 14개소의 단면에서 구조물의 변형발생여부 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 단면측량 결과 일부 구간(S154, S198, S220)에서 약 5~8cm 정도 높이차가 발생한 것으로 조사되었으나, 사용기기의 정밀도 차이 및 측정위치의 미세한 오차로 판단되며, 전반적으로 설계도면과 일치하는 것으로 분석되었다.
- 터널 종단측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 28개소의 위치에서 구조물의 종단구배 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 종단측량 결과 설계도면과 비교시 전체 구배는 설계도의 1.7504%와 비슷한 값인 1.7604%로 측정되어 종단구배는 설계도와 일치하는 것으로 분석되었다.
- GPR탐사단면으로부터 공동의 정확한 두께를 측정할 수는 없지만 반사면의 강도, 반사형태등으로 추정하였다. 조사된 총 10개소의 배면공동은 연장 1.0~3.0m, 추정두께 0.2m 이내로서 그 규모가 크지 않아 즉각적인 보수보다는 주기적인 육안관찰 및 GPR탐사를 통해 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다. 상태평가 결과

- 차령터널(천안방향)의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내수성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B등급” 으로 평가되었다.

라. 안전성평가 결과

- 무근 콘크리트 라이닝에 대한 안전성평가 결과, 천장부 최소안전율이 1.95로, 어깨부 최소안전율이 2.68로, 측벽부 최소안전율이 5.41로 안전율 1.5를 상회하는 것으로 평가되었다. 철근 콘크리트 라이닝에 대한 안전성평가 결과, 천장부 최소안전율이 1.77로, 어깨부 최소안전율이 2.30로, 측벽부 최소안전율이 4.92로 안전율 1.5를 상회하는 것으로 평가되었다. 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성 평가등급은 A등급이다.

- 응답변위법을 이용한 차령터널(천안방향)의 내진검토 결과 기존 철근보강으로 본 해석 단면은 지진발생에 대한 충분한 안전율을 확보하고 있어 기능 수행수준 및 붕괴방지수준에 부합하는 것으로 판단된다.

마. 결론

- 차령터널(천안방향)은 16년의 공용기간이 경과한 터널시설물로서, 주부재인 라이닝에 구조적 손상은 조사되지 않은 상태이다. 일부 발생한 손상들은 터널의 내구성 저하 방지를 위한 국부적인 보수 및 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 평가되었다.
- 따라서, 본 터널의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 보수를 실시하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 현재의 상태를 유지하는 데에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

보고서 목차

◎정밀안전진단 결과 요약문

제 1장 정밀안전진단 개요	3
1.1 과업의 목적	3
1.2 과업의 범위 및 내용	3
1.2.1 과업의 범위	3
1.2.2 과업수행기간	3
1.2.3 과업의 내용	4
1.3 과업수행 절차 및 일정	5
1.3.1 과업수행 절차	5
1.3.2 과업수행 일정	6
1.4 대상터널의 현황	7
1.4.1 현황	7
1.4.2 터널 주요도면	8
1.5 사용장비 및 시험기기의 현황	15
1.6 터널기호의 정의	16
1.6.1 터널 기호	16
1.6.2 일련번호(n)	16
제 2장 자료수집 및 분석	19
2.1 자료수집 현황	19
2.1.1 자료수집 현황	19
2.2 건설 관련자료 검토결과 요약	20
2.2.1 일반보고서	20
2.2.2 일반보고서(실시설계)	22
2.2.3 기 정밀안전진단 분석	27
2.2.4 시공관련 자료검토	35

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약	36
2.4 보수·보강 이력	43
2.5 시설물의 내진설계 여부	43
2.6 자료분석 결과요약	44

제 3장 현장조사 및 시험47

3.1 개요	47
3.1.1 개요	47
3.1.2 터널 구간 분할	49
3.2 외관조사	54
3.2.1 터널라이닝	54
3.2.2 터널주변	68
3.2.3 부대시설	82
3.2.4 부속시설	88
3.3 콘크리트 내구성조사	90
3.3.1 개 요	90
3.3.2 시험내용 및 평가기준	91
3.3.3 시험결과 및 분석	105
3.4 터널 측량	111
3.4.1 개 요	111
3.4.2 단면측량	111
3.4.3 종단측량	119
3.5 GPR 탐사	123
3.5.1 개요	123
3.5.2 탐사원리 및 방법	130
3.5.3 탐사결과	138
3.6 현장조사 및 시험 결과요약	148
3.6.1 현장조사 결과	148
3.6.2 시험 및 측정 결과	149
3.6.3 터널 측량 결과	150
3.6.4 GPR 탐사 결과	150

제 4장 시설물의 상태평가	153
4.1 개요	153
4.2 상태평가 항목 및 기준	153
4.2.1 부재별 상태평가 적용범위	153
4.2.2 상태평가 항목 및 기준	159
4.2.3 상태평가 등급 산정방법	166
4.3 상태평가 결과	170
4.3.1 차령터널(천안)	170
제 5장 안전성 평가	181
5.1 개 요	181
5.2 구조해석	185
5.2.1 무근 콘크리트 라이닝	185
5.2.2 철근 콘크리트 라이닝	188
5.2.3 무근 콘크리트 라이닝(라이닝두께 0.2m적용)	191
5.2.4 철근 콘크리트 라이닝(라이닝두께 0.2m적용)	194
5.3 응답변위법을 이용한 내진검토	197
5.3.1 콘크리트 라이닝 내진검토	197
제 6장 종합평가 및 안전등급 지정	219
6.1 종합평가	219
6.1.1 종합평가 결과 산정방법	219
6.1.2 종합평가 결과	220
6.2 안전등급	222
6.2.1 안전등급기준	222
6.2.2 안전등급 지정	222
제 7장 보수·보강 및 유지관리방안	225
7.1 개요	225
7.2 보수·보강 방안	226
7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정	226

7.2.2 결함내용별 보수·보강방안	228
7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법	229
7.3 보수·보강 개략공사비	238
7.4 유지관리방안	239
7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항	239
7.4.2 유지관리시 점검요령	241

제 8장 종합결론	249
8.1 종합결론	249
8.2 현장조사 결과	249
8.3 시험 및 측정 결과	251
8.4 상태평가 결과	251
8.5 안전성평가 결과	252
8.6 결 언	252

● 부 록

1. 과업지시서
2. 외관조사망도
3. 측정, 시험, 계측 성과표
4. 안전성평가 결과자료
5. 현장조사 사진첩
6. 시설물관리대장
7. 사용장비 및 기기의 사진
8. 사전조사 자료 일체

표 목 차

【표 1.1】 과업의 내용	4
【표 1.2】 정밀안전진단 과업수행 일정	6
【표 1.3】 차령터널(천안) 현황표	7
【표 1.4】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항	15
【표 1.5】 터널기호의 정의	16
【표 2.1】 자료수집 현황	19
【표 2.2】 설계구간	20
【표 2.3】 과업기간	20
【표 2.4】 장래교통량	21
【표 2.5】 차령터널(천안) 터널 현황	22
【표 2.6】 터널의 선형	22
【표 2.7】 국내설계 및 시공사례	23
【표 2.8】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력	36
【표 2.9】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)	37
【표 2.10】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)	38
【표 2.11】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)	39
【표 2.12】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)	40
【표 2.13】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)	41
【표 2.14】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)	42
【표 2.15】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)	43
【표 2.16】 차령터널(천안) 보수·보강 이력	43
【표 2.17】 자료분석 결과요약	44
【표 3.1】 터널 주요 조사항목	48
【표 3.2】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(갱구부)	49
【표 3.3】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(본선 라이닝-천안)	50
【표 3.4】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(본선 라이닝-천안)(계속)	51
【표 3.5】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(본선 라이닝-천안)(계속)	52
【표 3.6】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(피난연결통로)	52
【표 3.7】 라이닝-균열 외관조사 결과	54
【표 3.8】 라이닝-균열 외관조사 결과(계속)	55
【표 3.9】 라이닝-균열 기 점검 결과 비교	57
【표 3.10】 라이닝-기타손상 외관조사 결과	58
【표 3.11】 라이닝-균열 외관조사 결과(계속)	59
【표 3.12】 라이닝-균열 기 점검 결과 비교	60
【표 3.13】 측벽부-균열 외관조사 결과	61

【표 3.14】 측벽부-균열 외관조사 결과	62
【표 3.15】 측벽부-균열 기 점검 결과 비교	63
【표 3.16】 측벽부-기타손상 외관조사 결과	63
【표 3.17】 측벽부-기타손상 외관조사 결과	64
【표 3.18】 측벽부-기타손상 외관조사 결과	65
【표 3.19】 측벽부-기타손상 외관조사 결과	65
【표 3.20】 측벽부-기타손상 외관조사 결과	66
【표 3.21】 측벽부-기타손상 기 점검 결과 비교	67
【표 3.22】 측벽부-기타손상 기 점검 결과 비교	68
【표 3.23】 갭문 외관조사 결과	69
【표 3.24】 갭문 기 점검 결과 비교	70
【표 3.25】 배수시설 외관조사 결과	73
【표 3.26】 배수시설 외관조사 결과	74
【표 3.27】 공동구 외관조사 결과	75
【표 3.28】 공동구 외관조사 결과	76
【표 3.29】 공동구 외관조사 결과	76
【표 3.30】 공동구 외관조사 결과	77
【표 3.31】 공동구 외관조사 결과	78
【표 3.32】 공동구 외관조사 결과	78
【표 3.33】 공동구 외관조사 결과	79
【표 3.34】 배수시설 기 점검 결과 비교	81
【표 3.35】 공동구 결과 비교	81
【표 3.36】 포장 외관조사 결과	83
【표 3.37】 포장 외관조사 결과	84
【표 3.38】 포장 기 점검 결과 비교	85
【표 3.39】 피난연락갱 현황	85
【표 3.40】 피난연락갱 외관조사 결과	87
【표 3.41】 피난연락갱 기 점검 결과 비교	87
【표 3.42】 콘크리트 비파괴시험 현황	90
【표 3.43】 보정반발경도(Ro)	93
【표 3.44】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)	93
【표 3.45】 재령계수 α 값	94
【표 3.46】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험)	96
【표 3.47】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인	100
【표 3.48】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속)	101
【표 3.49】 탄산화 상태평가 기준	102
【표 3.50】 염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007))	103
【표 3.51】 염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12))	103
【표 3.52】 차령터널(천안) 콘크리트 비파괴강도 시험결과	105
【표 3.53】 차령터널(천안) 콘크리트 비파괴강도 시험결과 (계속)	106
【표 3.54】 비파괴강도 시험결과 분석	107

【표 3.55】차령터널(천안) 철근탐사 시험결과	107
【표 3.56】차령터널(천안) 철근탐사 시험결과 (계속)	108
【표 3.57】탄산화 깊이 측정결과 및 평가	108
【표 3.58】염화물 함유량 시험결과 및 평가	109
【표 3.59】균열깊이 조사결과	110
【표 3.60】단면측량 결과	112
【표 3.61】단면측량 결과	113
【표 3.62】단면측량 결과	114
【표 3.63】단면측량 결과	115
【표 3.64】단면측량 결과	116
【표 3.65】단면측량 결과	117
【표 3.66】단면측량 결과	118
【표 3.67】단면측량 결과 분석	119
【표 3.68】중단측량 결과	121
【표 3.69】GPR 탐사 장비 제원	129
【표 3.70】여러 물질들에 대한 상대유전율과 전자기파의 속도 (Reynolds, 1997)	134
【표 4.1】부재별 상태평가 적용 범위	153
【표 4.2】터널 상태평가 항목	154
【표 4.3】NATM터널(무근콘크리트 라이닝) 결함지수 산정기준	154
【표 4.4】NATM터널(철근콘크리트 라이닝) 결함지수 산정기준	155
【표 4.5】개착식터널 결함지수 산정기준	155
【표 4.6】부대시설 상태평가 항목	156
【표 4.7】부대시설의 가중치	157
【표 4.8】부대시설(무근콘크리트) 결함지수 산정기준	158
【표 4.9】부대시설(철근콘크리트) 결함지수 산정기준	158
【표 4.10】균열 상태평가 기준	159
【표 4.11】누수 상태평가 기준	160
【표 4.12】파손 및 손상 상태평가 기준	161
【표 4.13】재질열화 상태평가 기준	162
【표 4.14】배수상태 상태평가 기준	163
【표 4.15】지반상태 상태평가 기준	163
【표 4.16】갱문(접속부)상태 상태평가 기준	164
【표 4.17】공동구상태 상태평가 기준	164
【표 4.18】특수조건(추가점수) 상태평가 기준	164
【표 4.19】균열 상태평가 기준	165
【표 4.20】파손 및 손상 상태평가 기준	165
【표 4.21】터널 상태평가 결과 산정	166
【표 4.22】부대시설의 가중치	168
【표 4.23】부대시설(무근콘크리트) 결함지수 산정기준	169
【표 4.24】부대시설(철근콘크리트) 결함지수 산정기준	169
【표 4.25】무근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과	170

【표 4.26】 무근콘크리트 라이닝 결합지수 및 상태평가 결과(계속)	171
【표 4.27】 무근콘크리트 라이닝 결합지수 및 상태평가 결과(계속)	172
【표 4.28】 무근콘크리트 라이닝 결합지수 및 상태평가 결과(계속)	173
【표 4.29】 무근콘크리트 라이닝 결합지수 및 상태평가 결과(계속)	174
【표 4.30】 무근콘크리트 라이닝 결합지수 및 상태평가 결과(계속)	175
【표 4.31】 철근콘크리트 라이닝 결합지수 및 상태평가 결과	175
【표 4.32】 철근콘크리트 라이닝 결합지수 및 상태평가 결과	176
【표 4.33】 터널 주변상태 결합점수 산정결과	176
【표 4.34】 기본시설 상태평가 결과	177
【표 4.35】 부대시설(피난연락경) 결합지수 및 상태평가 결과	177
【표 4.36】 차령터널(천안) 상태평가 결과	178
【표 4.37】 기 진단결과와의 상태평가 결합도 점수 비교	178
【표 5.1】 재료특성 및 강도	181
【표 5.2】 지반특성에 따른 물성치	181
【표 5.3】 강도설계법	182
【표 5.4】 단위중량	182
【표 5.5】 지보패턴 이완하중	183
【표 5.6】 CASE별 하중조합	183
【표 5.7】 구조해석 모델링	184
【표 5.8】 사용 프로그램	184
【표 5.9】 단면제원	185
【표 5.10】 스프링계수 산정	186
【표 5.11】 단면제원	188
【표 5.12】 스프링계수 산정	189
【표 5.13】 단면제원	191
【표 5.14】 스프링계수 산정	192
【표 5.15】 단면제원	194
【표 5.16】 스프링계수 산정	195
【표 5.17】 지진시 수평동하중	204
【표 6.1】 상태평가 결과	220
【표 6.2】 안전성평가 결과(무근 콘크리트 라이닝)	220
【표 6.3】 안전성평가 결과(철근 콘크리트 라이닝)	221
【표 6.4】 종합평가 결과	221
【표 6.5】 시설물의 안전등급	222
【표 6.6】 차령터널(천안) 안전등급	222
【표 7.1】 시설물의 보수보강방안 수립에 따른 검토사항	225
【표 7.2】 보수·보강 우선순위 결정 기준	226
【표 7.3】 보수·보강 일람표	228
【표 7.4】 보수·보강 일람표(계속)	229
【표 7.5】 수지주입공법의 종류	230
【표 7.6】 균열폭에 알맞은 수지의 점도	231

【표 7.7】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격	231
【표 7.8】 에폭시계 수지의 규격	231
【표 7.9】 주입공법 공법비교안	233
【표 7.10】 일반적인 단면 복구(보수)재의 분류	236
【표 7.11】 단면복구(보수) 공법비교안	237
【표 7.12】 보수·보강 개략공사비	238
【표 7.13】 부재별 유지관리 중점사항	241
【표 7.14】 갯문 점검항목	242
【표 7.15】 라이닝 점검항목	243
【표 7.16】 라이닝 접속시설 점검항목	244
【표 7.17】 바닥부 점검항목	245
【표 7.18】 부속시설 점검항목	246

그림 목 차

【그림 1.1】 정밀안전진단 과업수행 흐름도	5
【그림 1.2】 평면 및 종단면도(1)	8
【그림 1.3】 평면 및 종단면도(2)	9
【그림 1.4】 지보패턴도	10
【그림 1.5】 표준단면도(1)	11
【그림 1.6】 표준단면도(2)	12
【그림 1.7】 터널 시점부 일반도	13
【그림 1.8】 터널 종점부 일반도	14
【그림 1.9】 터널 ID 부여	16
【그림 2.1】 본선 터널구간 표준횡단면도	21
【그림 2.2】 보행공간의 표준치수	25
【그림 2.3】 내장판의 설치위치	26
【그림 2.4】 제트팬 부착 위치도	26
【그림 3.1】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(천안)	53
【그림 3.2】 천안측 갱구부 일반도	69
【그림 3.3】 논산측 갱구부 일반도	69
【그림 3.4】 갱구부 사면 배수처리 계통도	71
【그림 3.5】 배수시설 및 공동구 상세도	72
【그림 3.6】 피난연락경 일반도	86
【그림 3.7】 콘크리트 내구성조사 위치도	91
【그림 3.8】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차	92
【그림 3.9】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차	94
【그림 3.10】 초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법	95
【그림 3.11】 표면법에 의한 초음파전달속도의 측정	96
【그림 3.12】 철근탐사 측정원리	97
【그림 3.13】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차	98
【그림 3.14】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하	100
【그림 3.15】 -법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법	104
【그림 3.16】 터널 라이닝 콘크리트 평균압축강도 추정결과	106
【그림 3.17】 탄산화 깊이 측정결과	109
【그림 3.18】 염화물시험 측정결과	110
【그림 3.19】 단면측량 현황	111
【그림 3.20】 종단측량 현황	120
【그림 3.21】 종단측량 분석결과	122
【그림 3.22】 탐사장비 및 해석소프트웨어	129

【그림 3.23】 GPR 탐사 원리에 대한 모식도	130
【그림 3.24】 주파수 변화에 따른 유도영역과 변위영역	131
【그림 3.25】 균질/등방성 매질에서의 전자기파의 전파양상 모식도	133
【그림 3.26】 탐사 모식도	135
【그림 4.1】 부대시설 분류	156
【그림 4.2】 상태평가 결과 산정절차	167
【그림 5.1】 지반스프링 계수	183
【그림 5.2】 구조해석 흐름도	184
【그림 5.3】 무근 콘크리트 라이닝 해석모델링	185
【그림 5.4】 하중산정	186
【그림 5.5】 철근 콘크리트 라이닝 해석모델링	188
【그림 5.6】 하중산정	189
【그림 5.7】 무근 콘크리트 라이닝 해석모델링	191
【그림 5.8】 하중산정	192
【그림 5.9】 철근 콘크리트 라이닝 해석모델링	194
【그림 5.10】 하중산정	195
【그림 5.11】 해석모델	202
【그림 6.1】 종합평가 결과 산정절차	219
【그림 7.1】 보수보강방안 추진방향	217
【그림 7.2】 콘크리트 표면처리 시공순서도	220
【그림 7.3】 균열 보수공법 개요도	222
【그림 7.4】 단면복구(보수) 상세도	225

사 진 목 차

【사진 3.1】차령터널 조사 현황	49
【사진 3.2】라이닝-균열 손상현황	56
【사진 3.3】라이닝-균열 손상현황	60
【사진 3.4】측벽부-균열 손상현황	62
【사진 3.5】측벽부-기타손상 손상현황	67
【사진 3.6】갱문 전경	68
【사진 3.7】갱문 손상현황	70
【사진 3.8】입·출구부 사면 전경	71
【사진 3.9】배수시섬 및 공동구 전경	72
【사진 3.10】배수시설 손상현황	74
【사진 3.11】공동구 손상현황	80
【사진 3.12】포장 전경	82
【사진 3.13】갱문 손상현황	84
【사진 3.14】피난연락갱 전경	86
【사진 3.15】피난연락갱 전경	88
【사진 3.16】부속시설 전경	88
【사진 3.17】부속시설 전경	89
【사진 3.18】콘크리트 내구성조사 전경	91
【사진 3.19】종단측량 전경	120